



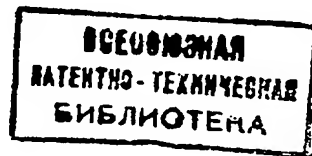
(19) RU (11) 2002087 C1

(51) 5 F 02 K 3/00

Комитет Российской Федерации
по патентам и товарным знакам

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К ПАТЕНТУ



1

(21) 4917723/06

(22) 12.03.91

(46) 30.10.93 Бюл. № 39-40

(76) Спивак Владимир Александрович

(54) УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ВИНТОВОЙ РЕАКТИВ-
НЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

(57) Использование: в авиационных двигателях, а именно в двигателях с реактивным воздушным винтом (РВВ), которые могут быть использованы в качестве всережимной силовой установки для самолетов вертикального взлета и посадки (СВВП).

2

Сущность изобретения: в двигателе, включающем силовой корпус, компрессор (К), камеры сгорания (КС) и регулируемые соплами, РВВ, корпус К выполнен вращающимся, асимметричное двухзаходное колесо К связано с корпусом К через планетарный мультипликатор, размещенный внутри колеса К, лопасти РВВ саблевидной формы установлены на корпусе К в шарнирах, КС размещены внутри лопастей и снабжены щелевыми регулируемыми сопловыми аппаратами эжекторного типа. 5 злф-лы, 10 ил.

(19) RU (11) 2002087 C1

Изобретение относится к авиационному двигателестроению и в виде универсального винтового реактивного двигателя может быть использовано в качестве единой, всережимной силовой установки для самолетов вертикального взлета и посадки (СВВП).

Известны основные типы устройств силовых установок СВВП, состоящих из двигателей и машин-исполнителей (движителей), в качестве которых применяются несущий винт вертолета (НВВ), воздушный винт с механическим или реактивным приводом вращения (ВМП или РВВ), лопаточные решетки аэродинамических профилей, многоселевые отклоняемые или выдвижные предкрылки и закрылки, реактивные устройства или сопловые аппараты с эжекторным увеличением создаваемой ими реактивной силы тяги [с.135].

Недостатки устройств – громоздкость конструкций, содержащих встроенные и выносные редукторы числа оборотов или дополнителиные магистрали для осуществления соответственно механической или гидравлической (газодинамической) связи двигателей с движителями, а также в недостаточно высокие функциональные возможности.

Известны также специальные подъемно-маршевые или поворотные турбовинтовые, турбовентиляторные и турбореактивные двигатели (ТВД и ТРД), твердотопливные и жидкостные ракетные двигатели [2, рис. 1.07 на с.11].

Недостатки устройств – относительно низкий КПД при создании вертикальной подъемной силы, уменьшающийся в порядке перечисления устройств; возможность лишь частично использовать создаваемую ими вертикальную подъемную силу в горизонтальном полете СВВП; необходимость изменения положения в пространстве устройств или элементов их конструкции относительно корпуса (фюзеляжа) СВВП или вместе с ним при переходе с режима вертикального взлета в режим горизонтального полета и наоборот; неудовлетворительная управляемость устройств в режимах вертикального взлета, посадки и висения СВВП над заданной точкой; недостаточная обеспеченность технической безопасности и надежности эксплуатации СВВП с известными устройствами. Указанные недостатки ограничивают применение известных устройств в СВВП, выполняющих специальные, например военные, цели, и делают их экономически нецелесообразными для коммерческих воздушных перево-

зок. Несмотря на громоздкость и сложность конструкции, некоторым исключением из известных устройств являются силовые установки вертолетов, конструктивно содержащие НВВ, который обладает наибольшим относительным КПД при создании вертикальной подъемной силы. Но из-за некомпенсированной асимметричности кривой обдувки лопастей НВВ ограничивает скорость горизонтального полета вертолетов, т.е. имеет минимальное значение эффективного КПД при создании горизонтальной силы тяги, уступая по этой причине в экономичности коммерческих перевозок самолетам с ТВД, конструктивно содержащим ВМП [1, с.189].

Известен турбовальный двигатель (ТВаД), который включает силовой корпус, размещенный в корпусе осевой центробежный компрессор с вращающимся распылителем топлива, кольцевую противоточную камеру сгорания, многоступенчатую осевую турбину с одной свободной ступенью привода вращения через встроенный в двигатель редуктор числа оборотов ВМП или через выносной редуктор вращения НВВ, что позволяет унифицированно применять ТВаД на самолетах и на вертолетах [3, с.488, рис. 16.7, с.489].

Недостатки подобных двигателей – ограниченные функциональные и эксплуатационные возможности, обусловленные тем, что для эффективной трансформации создаваемой ТВаД с НВВ вертикальной подъемной силы T в осевую (горизонтальную) силу тяги P или создаваемую ТВаД с ВМП осевую силу тяги P в вертикальную подъемную силу T необходимо изменять в пространстве положение плоскостей вращения НВВ или ВМП, что приводит к снижению эффективного КПД НВВ, ограничивая скорость горизонтального полета СВВП, или снижает относительный КПД ВМП, уменьшая коммерческую грузоподъемность СВВП, усложняет и утяжеляет конструкцию силовых установок таких СВВП, как конвертоплан и колеоптер, усложняет технику пилотирования ими особенно на переходных с вертикального в горизонтальный и обратно режимах полета [2, фиг.4.4, на с.190; фиг.4.5 на с.191].

Ближайшим техническим решением к предложенному является воздушно-винтовой привод, содержащий силовой корпус, передний осевой направляющий аппарат, компрессор, имеющий корпус, рабочее колесо, установленное на опоре, подшипники; редуктор, кинематически связанный с опорой компрессора и имеющий зубчатые колеса и подшипники, полые лопасти винта,

Изобретение относится к авиационному двигателестроению и в виде универсального винтового реактивного двигателя может быть использовано в качестве единой, всережимной силовой установки для самолетов вертикального взлета и посадки (СВВП).

Известны основные типы устройств силовых установок СВВП, состоящих из двигателей и машин-исполнителей (движителей), в качестве которых применяются несущий винт вертолета (НВВ), воздушный винт с механическим или реактивным приводом вращения (ВМП или РВВ), лопаточные решетки аэродинамических профилей, многоселевые отклоняемые или выдвижные предкрылки и закрылки, реактивные устройства или сопловые аппараты с эжекторным увеличением создаваемой ими реактивной силы тяги [с.135].

Недостатки устройств - громоздкость конструкций, содержащих встроенные и выносные редукторы числа оборотов или дополняющие магистрали для осуществления соответственно механической или гидравлической (газодинамической) связи двигателей с движителями, а также в недостаточно высокие функциональные возможности.

Известны также специальные подъемно-маршевые или поворотные турбовинтовые, турбовентиляторные и турбореактивные двигатели (ТВД и ТРД), твердотопливные и жидкостные ракетные двигатели [2, рис. 1.07 на с.11].

Недостатки устройств - относительно низкий КПД при создании вертикальной подъемной силы, уменьшающийся в порядке перечисления устройств; возможность лишь частично использовать создаваемую ими вертикальную подъемную силу в горизонтальном полете СВВП; необходимость изменения положения в пространстве устройств или элементов их конструкции относительно корпуса (фюзеляжа) СВВП или вместе с ним при переходе с режима вертикального взлета в режим горизонтального полета и наоборот; неудовлетворительная управляемость устройств в режимах вертикального взлета, посадки и висения СВВП над заданной точкой; недостаточная обеспеченность технической безопасности и надежности эксплуатации СВВП с известными устройствами. Указанные недостатки ограничивают применение известных устройств в СВВП, выполняющих специальные, например военные, цели, и делают их экономически нецелесообразными для коммерческих воздушных перево-

зок. Несмотря на громоздкость и сложность конструкции, некоторым исключением из известных устройств являются силовые установки вертолетов, конструктивно содержащие НВВ, который обладает наибольшим относительным КПД при создании вертикальной подъемной силы. Но из-за некомпенсированной асимметрии кривой обдувки лопастей НВВ ограничивает скорость горизонтального полета вертолетов, т.е. имеет минимальное значение эффективного КПД при создании горизонтальной силы тяги, уступая по этой причине в экономичности коммерческих перевозок самолетам с ТВД, конструктивно содержащим ВМП [1, с.189].

Известен турбовальный двигатель (ТВаД), который включает силовой корпус, размещенный в корпусе осевой центробежный компрессор с вращающимся распылителем топлива, кольцевую противоточную камеру сгорания, многоступенчатую осевую турбину с одной свободной ступенью привода вращения через встроенный в двигатель редуктор числа оборотов ВМП или через выносной редуктор вращения НВВ, что позволяет унифицированно применять ТВаД на самолетах и на вертолетах [3, с.488, рис. 16.7, с.489].

Недостатки подобных двигателей - ограниченные функциональные и эксплуатационные возможности, обусловленные тем, что для эффективной трансформации создаваемой ТВаД с НВВ вертикальной подъемной силы T в осевую (горизонтальную) силу тяги P или создаваемую ТВаД с ВМП осевую силу тяги P в вертикальную подъемную силу T необходимо изменять в пространстве положение плоскостей вращения НВВ или ВМП, что приводит к снижению эффективного КПД НВВ, ограничивая скорость горизонтального полета СВВП, или снижает относительный КПД ВМП, уменьшая коммерческую грузоподъемность СВВП, усложняет и утяжеляет конструкцию силовых установок таких СВВП, как конвертоплан и колеоптер, усложняет технику пилотирования ими особенно на переходных с вертикального в горизонтальный и обратно режимах полета [2, фиг.4.4, на с.190; фиг.4.5 на с.191].

Ближайшим техническим решением к предложенному является воздушно-винтовой привод, содержащий силовой корпус, передний осевой направляющий аппарат, компрессор, имеющий корпус, рабочее колесо, установленное на опоре, подшипники; редуктор, кинематически связанный с опорой компрессора и имеющий зубчатые колеса и подшипники, полые лопасти винта,

установленные на корпусе компрессора в шарнирных узлах с одной степенью свободы, камеры сгорания, размещенные в полых лопастях винта, сопловые аппараты щелевого типа, размещенные в задних кромках лопастей [4].

Этот привод создает только осевую силу тяги и имеет недостаточно высокий эффективный КПД, что обуславливает ограниченные функциональные возможности, в частности он не может быть использован в СВВП.

Предлагаемый двигатель обладает расширенными функциональными возможностями за счет создания вертикальной составляющей подъемной силы, высоким эффективным КПД при достаточно простой конструкции.

Указанные технические результаты достигаются за счет того, что универсальный винтовой реактивный двигатель (УВиРД), содержащий силовой корпус, передний осевой направляющий аппарат, компрессор, имеющий корпус, рабочее колесо, установленное на опоре, и подшипники, редуктор, кинематически связанный с опорой компрессора и имеющий зубчатые колеса и подшипники, полые лопасти винта, установленные на корпусе компрессора в шарнирных узлах с одной степенью свободы, камеры сгорания, размещенные в полых лопастях винта, сопловые аппараты щелевого типа, размещенные в задних кромках лопастей, снабжен консольной опорой, жестко связанной в задних кромках лопастей, снабжен консольной опорой, жестко связанной с силовым корпусом, корпус компрессора установлен на консольной опоре с возможностью вращения относительно нее, редуктор выполнен в виде планетарного мультипликатора и кинематически соединяет корпус компрессора с рабочим колесом, сопловые аппараты расположены по всей длине лопасти винта, выполнены регулируемые и снабжены эжекторными устройствами, подключенными к системе управления пограничным слоем лопастей.

Корпус компрессора снабжен задним кольцевым центроостремительным входным направляющим аппаратом, передний осевой направляющий аппарат снабжен системой противообледенительного обогрева его входной кромки, рабочее колесо компрессора выполнено центробежного типа.

Двигатель снабжен вращающимся распылителем топлива, имеющим форсунки, при этом рабочее колесо компрессора состоит из двух несимметричных в меридиональном сечении половин, соединенных

между собой по конической поверхности, образующая которой имеет противоточный наклон к оси вращения колеса и вдоль которой выполнены проточные каналы, в которых установлены форсунки распылителя топлива, внутри рабочего колеса выполнена кольцевая полость, а планетарный мультипликатор и распылитель топлива размещены в последней.

В шарнирных узлах крепления лопастей выполнены центральные полости для протока топливо-воздушной смеси к камерам сгорания и рабочие полости осевой разгрузки подшипников крепления лопастей, причем оси шарнирных узлов расположены под углом к меридиональной плоскости сечения двигателя и к окружной плоскости вращения винтов.

Компрессор снабжен лопаточным кольцевым диффузором, в передних лопатках которого выполнены щелевые заборники части сжатого потока топливо-воздушной смеси, соединенные с рабочими полостями осевой разгрузки подшипников крепления лопастей корпуса и рабочего колеса компрессора, с системой противообледенительного обогрева кромок лопаток входных направляющих аппаратов, с зубчатыми колесами и подшипниками мультипликатора для их охлаждения и смазки.

Центральные оси полостей лопастей винта и передние кромки лопастей имеют саблевидную форму с увеличивающимся в направлении от оси вращения лопастей углом саблевидности χ , определяемым формулой

$$\chi \arctg \left[\operatorname{ctg} \alpha_{4u} \left(1 - I \frac{r_{pc}^2}{r_2^2} \frac{\operatorname{tg} \alpha_4}{\operatorname{tg} \alpha_2} \right) \right];$$

где α_4 — угол входа потоков топливо-воздушной смеси в полости саблевидных лопастей с абсолютной скоростью;

α_{4u} — проекция угла α_4 на окружную плоскость вращения винта компрессора с абсолютной скоростью;

I — передаточное число планетарного мультипликатора;

r_{pc} — радиус расчетных сечений лопастей;

r_2 — радиус рабочего колеса компрессора.

На фиг.1 представлен УВиРД, продольный разрез; на фиг.2 — он же, поперечное сечение; на фиг.3 — поперечное сечение лопастей РВВ УВиРД; на фиг.4 — СВВП с двумя УВиРД с указанием направлений действия относительных величин создаваемых УВиРД векторов осевой силы тяги \vec{P} и вертикальной подъемной силы \vec{T} ; на фиг.5 — схема создания дополнительного импульса

вертикальной подъемной силы ΔT штатными средствами механизации крыла СВВП; на фиг.6 – характерные сечения газоздушного тракта УВиРД и графики изменения средних значений абсолютной C и относительной v скоростей (м/с), давления P (кг/см²), температуры t (°C) газоздушного потока в тракте УВиРД в его стартовом режиме работы на месте; на фиг.7 – графики циклических изменений величин окружных составляющих внешних реактивных $\Phi_{k_{\text{вн}}}$ и аэродинамических $B_{k_{\text{вн}}}$ сил и их результирующего или главного вектора $R_{k_{\text{вн}}}$, действующих на каждую вращающуюся лопасть в зависимости от значений азимутального угла $\varphi = \omega t$ положения лопастей в окружной плоскости вращения РВВ; на фиг.8 и 9 – промежуточные положения четырех лопастей РВВ в окружной плоскости их вращения, смещенной с вертикальной плоскостью инерциальной системы координат XOY , с указанием направлений и относительных величин окружных составляющих векторов внешних и внутренних сил, приложенных к каждой лопасти РВВ УВиРД, а также векторные (силовые) многоугольники графоаналитического метода определения величины и направления вектора вертикальной подъемной силы T ; на фиг.10 – характерные положения лопасти в зависимости от значений угла φ с указанием направлений действия относительных величин всех внешних, внутренних сил и моментов, действующих на каждую неравномерно вращающуюся лопасть.

УВиРД содержит установленный на центроплане крыла СВВП силовой корпус 1, с которым жестко связана консольная опора 2. Опора выполнена полый со ступенчатопеременными кольцевыми поперечными сечениями, площадь которых увеличивается к основанию опоры. Через центральное отверстие опоры 2 проходит стяжной болт 3, контрящий выполненные на наружной поверхности опоры резьбовые и шлицевые соединения узлов и деталей двигателя. На опоре 2 с возможностью вращения относительно нее посредством подшипников 4 и 5 закреплен литой разъемный корпус 6 одноступенчатого центробежного компрессора. Корпус 6 снабжен передним осевым 7 и задним кольцевым центростремительным 8 входными направляющими аппаратами (ВНА), лопатки которых выполнены в виде элементов силовой конструкции двигателя. Центробежное двухзаходное полуоткрытое рабочее колесо 9 компрессора установлено посредством подшипников 10 и 11 на передней 12 и задней 13 промежуточных опорах

в полости корпуса 6 компрессора. Промежуточные опоры 12 и 13 выполнены в виде ступиц подшипников 4, 5 и втулок подшипников 10 и 11. Рабочее колесо 9 выполнено из двух несимметричных в меридиональном сечении половин 14 и 15, соединенных между собой по конической поверхности, образующая которой имеет противоточный наклон к оси вращения колеса. Внутри рабочего колеса 9 арочными меридиональными сечениями его половин 14 и 15 образована кольцевая полость, в которой размещены планетарный мультипликатор 16, элементы конструкции вращающегося распылителя топлива и замкнутой проточной системы, выполненной в виде функционально совмещенных систем топливопитания и смазки двигателя. Планетарный мультипликатор 16 выполнен многопереборным с размещенными в параллельных плоскостях двумя рядами одинарных цилиндрических шестерен-сателлитов. Он включает жестко соединенный с корпусом 6 компрессора ведущий поводок 17 разъемной конструкции, установленные на его осях с возможностью вращения сателлиты 18, которые находятся во внешнем зацеплении с опорным зубчатым колесом 19 и во внутреннем зацеплении с венцом 20 ведомого поводка 21. На осях ведомого поводка 21 с возможностью вращения закреплены сателлиты 22, которые находятся во внутреннем зацеплении с венцом 23 и во внешнем зацеплении с центральной шестерней 24 привода вращения рабочего колеса 9. Венцы 20, 23 закреплены на диафрагме 25, которая посредством шлицевого и резьбового соединений неподвижно установлена на консольной опоре 2. Ведомый поводок 21 выполнен в виде картера и установлен с возможностью вращения на втулке передней промежуточной опоры 12, которая выполнена за одно целое с венцом центральной шестерни 24. Размещенные в кольцевой полости рабочего колеса 9 элементы конструкции замкнутой проточной системы двигателя включают закрепленные на опоре 2 и направленные в сторону венцов колес 19 и 24 двухступенчатые двухкамерные топливные форсунки 26, выполненные в межлопаточных каналах половин 14 и 15 рабочего колеса отверстия 27 и 28 выпуска воздуха, установленные напротив них топливоотражательные кольца 29 и 30, выполненные на внутренней поверхности половин рабочего колеса топливоотделительные крыльчатки 31 и 32, расположенный по окружному периметру стыка половин рабочего колеса многокаскадный кольцевой сборник 33 топлива, с которым проточными каналами 34 соединены цент-

робежные форсунки 35 вращающегося распылителя топлива. В осевых зазорах между втулками корпуса 6 и рабочего колеса 9 компрессора установлены гребешковые воздушные лабиринтные уплотнения 36 и 37. Выполненные за одно целое с силовыми лопатками переднего 7 и заднего 8 ВНА стенки 38 и 39 переднего и заднего входных каналов корпуса 6 компрессора жестко связаны с литым корпусом 40 безлопаточного 41 и лопаточного 42 кольцевых диффузоров. В средней радиальной протяженности стенок 38 и 39 выполнены разгрузочные отверстия 43 и 44. Корпус 40 диффузоров снабжен четырьмя (по числу лопастей) патрубками 45 спиральных сборников воздуха, которые имеют центральные полости для протока топливно-воздушной смеси. Патрубки 45 выполнены с цилиндрическими фланцами, имеющими наружные расточки значительной осевой и диаметральной протяженности, на которых установлены многорядные упорно-опорные подшипники 46 со спиральными канавками для элементов качения. На подшипниках 46, обеспечивающих одну степень свободы в угловых поворотных перемещениях относительно корпуса 40 диффузоров и корпуса 6 компрессора, ограничиваемых упорами 47, крепятся комлевые части лопастей 48 РВВ. Комлевые части лопастей 48 имеют внутреннее цилиндрические расточки, в верхних частях которых закреплены узлы радиальных контактных уплотнений 49, в средней части — подшипники 46, а в нижней — разъемное соединение с фланцами 50 осевой разгрузки подшипников 46. Рабочие полости осевой разгрузки подшипников 46 образованы подвижными вместе с лопастями 48 относительно корпуса 6 фланцами 50 и жестко закрепленными с наружной поверхностью корпуса 6 фланцами 51, внутренние рабочие поверхности которых выполнены как наружные рабочие поверхности фланцев 50 в виде кольцевых сферических поверхностей с различными радиусами, исходящими из общего центра. В радиальных зазорах между цилиндрической поверхностью комлевой части лопастей 48 и относительно неподвижными фланцами 51 установлены радиальные контактные уплотнения 52, а в радиальных зазорах между фланцами 50 и 51 установлены радиальные контактные уплотнения 53. Продольные оси коаксиально установленных на патрубках 45 подшипников 46, радиальных контактных уплотнений 49, 52, 53, фланцев 50 и 51 расположены под углами к меридиональной плоскости сечения двигателя и к окружной плоскости вращения лопастей 48. Кольцевая рабочая полость осевой разгрузки под-

шипников 4 и 5 размещена в примыкающей к силовому корпусу 1 силовой стенке 54 корпуса 6 компрессора, образована жестко закрепленными на опоре 2 диафрагмой 55 и на стенке 54 крышкой 56. В осевом зазоре между стенкой 54 и диафрагмой 55 в их верхней радиальной протяженности установлено гребешковое воздушное лабиринтное уплотнение 57, а в нижней радиальной протяженности осевых зазоров между стенкой 54, диафрагмой 55 и крышкой 56 установлены радиально-торцовые контактные уплотнения 58 и 59. В средней радиальной протяженности межлопаточных каналов стенки 54 выполнены разгрузочные отверстия 60. В нижней радиальной протяженности стенки 54 установлено центральное колесо 61, имеющее внутренний венец зацепления с шестернями 62 привода вращения вспомогательных агрегатов 63. Вспомогательные агрегаты 63 установлены в основании консольной опоры 2 под обтекателем силового корпуса 1 УВиРД. Элементы конструкции замкнутой проточной системы двигателя, установленные в корпусе 6 компрессора, включают выполненные в передних кромках лопаток диффузора 42 заборники 64 части сжатого потока топливно-воздушной смеси целевого типа, соединенные проточными каналами 65 с рабочими полостями осевой разгрузки подшипников 46, каналами 66 и 67 с системой противообледенительного обогрева входных кромок переднего 7 и заднего 8 ВНА, каналами 68 с полостью осевой разгрузки подшипников 4 и 5, каналами 69 и 70 с системами охлаждения и смазки венца опорного колеса 61, зацеплений и подшипников шестерен 62, а также зубчатых колес и подшипников установленного в кольцевой полости рабочего колеса 9 планетарного мультипликатора 16. Лопастей 48 многофункционального РВВ выполнены полыми в виде разъемных конструкций, включающих силовые части 71 и соединяемые с ними сопловые части 72, которые выполнены в виде установленных по всей длине задних кромок лопастей регулируемых сопловых аппаратов целевого типа, снабженных эжекторными устройствами увеличения реактивных сил тяги сопловых аппаратов лопастей, функционально совмещенными с активными системами управления пограничным слоем лопастей. Силовые части 71 выполнены литыми за одно целое с цилиндрическими комлевыми частями, внутренние поверхности центральных каналов которых плавно переходят во внутренние поверхности проточных каналов 73, занимающих весь объем полостей лопастей и имеющих

эллиптические поперечные сечения, центральные оси которых, как и передние кромки лопастей 48, имеют саблевидную в плане форму с увеличивающимся в направлении от оси вращения лопастей углом стреловидности. В каналах 73 силовых частей 71 лопастей 48 установлены камеры 74 сгорания, включающие выполненные в виде набора перфорированных лонжеронных и нервюрных перегородок жаровые трубы 75 и установленные на входе в камеры сгорания воспламенительные устройства 76, снабженные датчиками давления. На наружной поверхности силовой части 71 лопастей 48 выполнены ребра 77 жесткости с закрепленными на них со стороны "спинки" профилей панелями 78, а со стороны "корытца" панелями 79. Прочность конструкции лопастей 48 обеспечивается жестким креплением лонжеронных и нервюрных перегородок жаровых труб 75 через ребра 77 жесткости силовой части 71 к панелям 78 и 79.

Панели 78 и 79 формируют внешний контур аэродинамических крыльевых профилей лопастей и их крутку по всей длине лопастей, а также образуют с силовой частью 71 лопастей проточные каналы 80 системы охлаждения лопастей, включающей выполненные в комлевой части панелей 78 и 79 щели 81 и 82, соединенные каналами 80 с полостями сопловых аппаратов лопастей в их закритической части. Каналы 80 имеют аналогичную каналам 73 и передним кромкам лопастей 48 саблевидную в плане форму средних линий проточных сечений. Съемные сопловые части 72 лопастей 48 включают жестко закрепленные на силовой части 71 створки 83 и установленные на ней же посредством шарнирных соединений 84 регулирующие створки 85. Разъемные соединения створок 83 с силовой частью 71 обеспечивают доступ во внутреннюю полость лопастей 48. Примыкающие к узлам шарнирных соединений 84 стенки лопастей силовых частей 71 лопастей 48 и створки 83 выполнены с профилями, формирующими критические сечения сопловых аппаратов лопастей. Створки 83 имеют полости 86 принудительного охлаждения поверхностей критических сечений, соединенные с впускными проточными каналами 80 и с закритическими сечениями сопловых аппаратов выпускными каналами 87. Продольные оси шарнирных соединений 84 имеют строго прямолинейную форму в пространстве и поэтому являются осями крутки профилей лопастей 48. В радиальных зазорах между силовой частью 71 и регулируемыми по-

движными створками 85 по всей длине шарнирных соединений 84 проходят каналы 88 охлаждения профилей критических сечений силовых частей 71. По всей радиальной протяженности створок 85 в перфорированных "спинках" их профилей имеются продольные щели 89, соединенные проточными каналами 90 с закритическими сечениями сопловых аппаратов лопастей. Местом входа каналов 88 в полости сопловых аппаратов определяется начало смесительных камер, а последним из каналов 90 – окончание и протяженность смесительных камер эжекторных устройств 91 сопловых аппаратов 92 лопастей 48. Состав сопловых аппаратов определяется элементами конструкции съемной сопловой части 72 лопастей, размещенными между критическими сечениями и срезами сопловых аппаратов лопастей 48, а функциональное совмещение эжекторных устройств 91 с активными системами управления пограничным слоем лопастей 48 обеспечивается наличием щелей 89, проточных каналов 88 и 90, соединенных с активными зонами смесительных камер сопловых аппаратов 92.

Система автоматического раздельного управления углами установки лопастей 48 и регулируемыми створками 85 сопловых аппаратов 92 включает втулку 93, состоящую из внутреннего кольца 94, соединенного двумя группами силовых гидроцилиндров 95 и 96 с силовым корпусом 1, наружного кольца 97, соединенного с кольцом 94 посредством упорно-радиального подшипника 98 качения двустороннего действия, установленные в силовых лопатках кольцевого ВНА 8 с возможностью осевого и поворотного перемещений рычаги 99, кинематически связывающие посредством сферических шарниров 100 и 101 наружное кольцо 97 с фланцами 50 комлевых частей лопастей 48 так, что последние имеют возможность угловых перемещений относительно продольных осей подшипников 46, установленные в комлевых частях лопастей 48 и кинематически связанные посредством цилиндрических шарниров 102 через рычаги 99 с наружным кольцом 97 механизмы (не показаны) управления углами отклонений регулирующих створок 85 сопловых аппаратов 92 лопастей 48. В обойме между внутренним 94 и наружным 97 кольцами втулки 93 автомата управления установлены токосъемные кольца (не показаны) электропитания воспламенительных устройств 76 камер 74 сгорания лопастей 48 РВВ.

Предлагаемый УВиРД работает следующим образом.

Запуск двигателя производится пусковым устройством, в качестве которого может быть использован установленный под обтекатель силового корпуса 1 в составе вспомогательных агрегатов 63 пусковой ТРД, воздушный стартер или электрический стартер-генератор. Посредством зубчатого зацепления одной или нескольких шестерен 62 с центральным колесом 61 пусковое устройство приводит во вращение закрепленный на консольной опоре 2 с помощью подшипников 4 и 5 корпус 6 компрессора. Установленное в полости корпуса 6 на подшипниках 10 и 11 передней 12 и задней 13 промежуточных опор рабочее колесо 9 компрессора приводится во вращение размещенным в кольцевой полости самого колеса 9 планетарным мультипликатором 16. При этом жестко соединенный с корпусом 6 ведущий поводок 17 посредством установленных на его осях с возможностью вращения шестерен-сателлитов 18, находящихся во внешнем зацеплении с опорным колесом 19 и внутреннем зацеплении с венцом 20 ведомого поводка 21, приводит последний во вращение с угловой скоростью, превышающей скорость вращения корпуса 6 компрессора. Закрепленные с возможностью вращения на осях ведомого поводка 21 шестерни-сателлиты 22 находятся во внутреннем зацеплении с установленным на диафрагме 25 неподвижным венцом 23 и во внешнем зацеплении с центральной шестерней 24 привода вращения рабочего колеса 9 с угловой скоростью, значительно большей скорости вращения корпуса 6 компрессора. С началом вращения корпуса 6 через форсунки 26 в сторону колес 19 и 24 подается топливо, смазывающее и охлаждающее зубчатые зацепления и подшипники шестерен мультипликатора 16.

Подвоздействием центробежных сил в вихревых потоках, возникающих в полости рабочего кольца 9 при вращении самого колеса, шестерен мультипликатора 16 и установленных на внутренних поверхностях передней 14 и задней 15 половин рабочего колеса 9 топливоотделительных крыльчаток 31 и 32, тяжелые капельные частицы топлива отделяются от воздуха и поступают в размещенный по окружному периметру стыка полуколес 14 и 15 многокаскадный кольцевой сборник 33 топлива. При этом воздух из кольцевой полости рабочего колеса 9 выходит через отверстия 27 и 28, перекрываемые более высоким (в сравнении с расположением отверстий 27 и 28) радиальным уровнем установки топливоотражательных колец 29

и 30, предотвращающих выброс топлива через отверстия. Из кольцевого сборника 33 через проточные каналы 34 топливо поступает в рабочие полости форсунок 35, подпружиненные клапаны части из которых открываются центробежными силами по достижении рабочим колесом 9 угловой скорости вращения, соответствующей режиму работы двигателя "малый газ". Соответствующие изменения расхода топлива на всех режимах работы двигателя обеспечиваются радиальной многокаскадностью сборника 33 топлива и настройкой клапанов форсунок 35 на открывание и закрывание во всем диапазоне угловых скоростей вращения рабочего колеса 9 как вращающегося распылителя топлива. Возможные утечки части потока топливо-воздушной смеси из полости рабочего колеса 9 через гребешковые воздушные лабиринтные уплотнения 36 и 37 не могут существенно влиять на энергетические характеристики режимов работы двигателя, так как эта часть потока поступает сначала в межлопаточные каналы рабочего колеса 9, а затем вновь в рабочие полости двигателя. После выхода из форсунок 35 вращающегося распылителя топливо, перемешиваясь с поступающим через передний осевой 7 и задний кольцевой центроостреми- тельный ВНА 8 предварительно сжатым в межлопаточных каналах рабочего колеса 9 воздухом, образует основной (в отличие от циркулирующего в полостях замкнутой проточной системы двигателя) рабочий поток топливо-воздушной смеси. Через кольцевой канал, образованный передней 38 и задней 39 силовыми стенками входных каналов корпуса 6, поток топливо-воздушной смеси поступает в полость корпуса 40 безлопаточного 41 и лопаточного 42 кольцевых диффузоров, вращающихся вместе с корпусом 6 компрессора.

В пусковом и последующих режимах работы двигателя вращение корпуса 6 осуществляется не только за счет крутящих моментов от пускового устройства и закрепленных на корпусе 6 лопастей 48 РВВ, но и за счет разности моментов количества движения потоков топливо-воздушной смеси на входе и на выходе из вращающегося вместе с корпусом 6 кольцевого лопаточного диффузора 42. Из лопаточного диффузора 42 поток топливо-воздушной смеси поступает во вращающиеся вместе с корпусом 6 патрубки 45 спиральных сборников воздуха, в которых равномерно разделяется на несколько частей, количество которых соответствует числу лопастей 48 РВВ двигателя. Через центральные полости в патрубках 45 и в коаксиально установленных на них упор-

но-опорных подшипниках 46 шарнирного крепления лопастей 48 к корпусу 6 разделенные потоки топливо-воздушной смеси поступают в полости самих лопастей 48 РВВ. В режиме запуска двигателя лопасти 48 автоматически устанавливаются на минимальные, нулевые углы, ограничиваемые в последующих режимах работы двигателя упорами 47. Часть потока топливо-воздушной смеси, через щелевые заборники 64, во входных кромках лопаток диффузора 42 поступает в полость замкнутой проточной системы двигателя: через каналы 65 в образованные фланцами 50 и 51 кольцевые полости осевой разгрузки и смазки подшипников 46, через каналы 66 и 67 во входных кромках переднего 7 и заднего 8 ВНА с целью их противообледенительного обогрева, через каналы 68 в задней силовой стенке 54 корпуса 6 в образованную диафрагмой 55 и крышкой 56 кольцевую полость осевой разгрузки подшипников 4 и 5, через каналы 69 и 70 к внутреннему зацеплению венца к опорным подшипникам 4, 5, 10 и 11 с целью смазки и охлаждения последних, откуда к шестерням и подшипникам мультиплексора 16, завершая тем самым цикл циркуляционного течения в замкнутой проточной системе двигателя. Утечки циркулирующего потока топливо-воздушной смеси из замкнутой проточной системы двигателя предотвращаются радиальными контактными уплотнениями 49, 52 и 53, гребешковыми воздушными лабиринтными уплотнениями 57 и радиально-торцовыми контактными уплотнениями 58 и 59. Применением спиральных, винтовых в пространстве канавок для элементов качения в упорно-опорных подшипниках 46 и радиальных контактных уплотнений 49, 52 и 53, допускающих осевые перемещения фланцев 50 вместе с лопастями 48 вдоль продольных осей подшипников 46 за счет циклических изменений объемов разделенных полостей разгрузки при неизменных величинах расхода через них циркулирующих потоков топливо-воздушной смеси, достигается осевая разгрузка подшипников 46 в режимах работы двигателя с циклически переменным угловым скоростям вращения лопастей 48, вызывающими циклически переменные величины центробежных сил, действующих на каждую лопасть РВВ в отдельности. Эффективность работы систем осевой разгрузки подшипников 4, 5 и 46 достигается наличием разгрузочных отверстий 60, 43 и 44 в силовых стенках 54, 38 и 39 корпуса 6 компрессоров, обеспечивающих разность давления циркулирующего потока топливо-воздушной смеси в полостях разгрузки и поступающего в

двигатель через осевой 7 и кольцевой 8 ВНА воздуха по обе стороны диафрагмы 55 и фланцев 50 соответственно. С целью использования внешних и внутренних окружных и поперечных (в сечениях лопастей) сил и моментов, действующих на каждую в отдельности лопасть 48 РВВ для циклических изменений величин углов их установки, а также с целью совмещения направления действия суммарного вектора всех радиальных, осевых и окружных сил, действующих на каждую лопасть РВВ, с продольными осями подшипников 46 и коаксиально установленных на них элементов конструкции узлов осевой разгрузки подшипников 46 их оси расположены под соответствующими углами к меридиональной плоскости сечения двигателя и к окружной плоскости вращения РВВ. Выполнение стенок каналов 73 и передних кромок силовых частей 71 лопастей 48 саблевидной в плане формы обеспечивает полное устранение окружных силовых взаимодействий между разделенными потоками топливо-воздушной смеси и стенками каналов 73 в виде кориолисовых сил инерции, возникающих со стороны разделенных потоков в их относительных центробежных перемещениях при радиальной в плане форме каналов. Аналогично процессам сжатия в кольцевом безлопаточном диффузоре 41 за счет снижения абсолютной скорости движения разделенных потоков топливо-воздушной смеси в полостях саблевидных каналов 73 силовых частей 71 лопастей 48 продолжается процесс сжатия разделенных потоков до давления, соответствующего пусковому режиму работы двигателя. Установленные на входе в камеры 74 сгорания лопастей 48 и снабженные датчиками давления воспламенительные устройства 76 поджигают топливо-воздушную смесь. Проходя через жаровые трубы 75, потоки рабочего тела, отличающиеся от потоков топливо-воздушной смеси высоким теплосодержанием, поступают к критическим сечениям сопловых аппаратов 92 лопастей 48, где разгоняются до местной звуковой, а в закритических сечениях до сверхзвуковой скорости истечения из сопловых аппаратов 92. Сверхзвуковые потоки рабочего тела поступают в смешительные камеры эжекторных устройств 91, в которых перемешиваются с низконапорными потоками воздуха, поступающими из пограничного слоя лопастей РВВ через продольные щели 89, каналы 88 и 90 со стороны "спинок" профилей силовых частей 71 и регулирующих створок 85 сопловой части 72 лопастей 48. В результате полного расширения на выходе из эжекторных устройств 91 сопло-

вых аппаратов 92 смещенные эжекторные потоки рабочего тела и воздуха покидают полости лопастей РВВ с существенно приращенной величиной массового расхода и с еще значительной скоростью относительно истечения в сторону, противоположную направлению вращения лопастей РВВ. При этом на каждую лопасть РВВ действуют увеличенные эжекторными устройствами 91 реактивные силы, направленные в сторону вращения РВВ и характеризующиеся ниже как внешние окружные силы. Одновременно с эжекторным увеличением реактивных сил тяги сопловых аппаратов 92 за счет распределенного отсоса через щели 89, каналы 88 и 90 воздуха из пограничного слоя лопастей в предлагаемой конструкции РВВ реализуются активные системы управления пограничным слоем (УПС) лопастей 48, существенно снижающие величины внешних окружных аэродинамических сил сопротивления вращению каждой лопасти РВВ. Эффективность охлаждения лопастей 48 РВВ обеспечивается наличием между ребрами 77 жесткости и наружными панелями 78 и 79 силовых частей 71 лопастей 48 проточных каналов 80, соединяющих входные щели 81 и 82 в комлевой части панелей 78 и 79 с полостями 86 принудительного охлаждения критических сечений створок 83, а полости 86 каналами 87 с закритическими сечениями и смесительными камерами эжекторных устройств 91 сопловых аппаратов 92. После выходе двигателя на режим работы "малый газ" пусковое устройство отключается и двигатель продолжает работать за счет мощности, развиваемой сопловыми аппаратами лопастей РВВ и расходуемой на преодоление аэродинамических сил сопротивления вращению лопастей, на вращение корпуса 6 и рабочего колеса 9 компрессора, вспомогательных агрегатов 63 и на преодоление потерь в мультипликаторе 16. Управление последующими режимами работы двигателя производится за счет увеличения (изменения) расхода топлива через форсунки 26, а также за счет изменения углов установки лопастей 48 и углов отклонения регулирующих створок 85 сопловых аппаратов 92 лопастей РВВ, выполняемого изменением положения расположенной под обтекателем силового корпуса 1 двигателя втулки 93 автомата управления РВВ. Переход двигателя в режим работы "вертикальный взлет" осуществляется соответствующими изменениями давления гидравлической жидкости в рабочих полостях силовых гидроцилиндров 95 и 96 первой и второй групп, осуществляющих одновременное осевое, наклонное и

плоскопараллельное перемещение внутреннего невращающегося кольца 94 втулки 93. Посредством подшипника 98 пространственное перемещение кольца 94 передается наружному вращающемуся с угловой скоростью корпуса 6 компрессора кольцу 97, а через рычаги 99 и сферические шарниры 100 и 101 жестко закреплены с комлевыми частями лопастей 48 подвижным фланцем 50. Установленные в полостях силовых лопаток кольцевого ВНА 8 с возможностью осевого и углового наклонного перемещения рычаги 99 через цилиндрические шарниры 102 управляют кинематически связанными с ними механизмами изменения углового положения регулирующих створок 85 сопловых аппаратов 92 лопастей 48. Строго осевые перемещения втулки 93 силовыми гидроцилиндрами 95 первой группы приводят к шаговым, равновеликим для всех лопастей 48 увеличениям углов их установки от нулевых значений в пусковом режиме до условно положительных с стартовым режимом работы двигателя на месте. Преодолевая сопротивление со стороны окружных составляющих внешних аэродинамических сил, вращающиеся лопасти РВВ за счет отбрасывания ими в осевом направлении массы окружающего их воздуха и вытекающих из сопловых аппаратов 92 потоков рабочего тела создают стартовую осевую силу тяги P , горизонтальный вектор которой направлен вдоль оси двигателя. Дополнительным к строго осевому перемещению втулки 93 ее угловым перемещением или поворотом относительно вертикальной оси теми же силовыми гидроцилиндрами 95 первой группы производятся циклические изменения углов установки, вращающихся лопастей от минимального, но не меньшего, чем угол протекания отрабатываемого потока воздуха через плоскость, ометаемую лопастями РВВ, до максимального, но не большего, чем суммарный угол протекания и критический угол атаки лопастей, т.е. циклические изменения углов установки лопастей производятся во всем рабочем диапазоне положительных значений углов атаки лопастей. Такому характеру циклических изменений углов установки лопастей 48 соответствуют циклические изменения величин окружных составляющих аэродинамических сил от минимальной величины при нулевом значении угла атаки контрольных сечений лопастей до максимальной величины при значениях углов атаки контрольных сечений лопастей, близких к критическим. При этом на каждую лопасть 48 в зависимости от их азимутальных положений в окружной плоскости вращения РВВ действуют циклически переменные по синусу

соидальному закону гармонических колебаний величины окружных составляющих внешних аэродинамических сил сопротивления вращению лопастей РВВ. Изменением давления в рабочих полостях силовых гидроцилиндров 96 второй группы производится дополнительное к осевому и наклонному плоскопараллельное перемещение втулки 93 автомата управления, передаваемое через рычаги 99 и цилиндрические шарниры 102 механизмам управления регулирующими створками 85 сопловых аппаратов 92 лопастей РВВ. Циклическими изменениями углов отклонения створок 85 за счет циклических, периодически повторяемых за один полный оборот каждой отдельной лопасти 48 сужений и расширений проточных частей сопловых аппаратов 92 достигаются циклические изменения величин развиваемых ими реактивных сил по аналогичному, но противофазному изменению величин аэродинамических сил синусоидальному закону гармонических колебаний. Составляющие вертикальной подъемной силы возникают на каждой лопасти 48 РВВ в результате действия на них геометрических сумм или главных векторов, проекции которых на вертикальную результирующую ось определяют величину и направление вертикальной подъемной силы, вектор \vec{T} которой всегда совпадает с плоскостью вращения лопастей 48 РВВ. Функциональным совмещением эжекторных устройств 91 сопловых аппаратов 92 с активными системами УПС лопастей 48 достигается увеличение интенсивности циклических изменений величин аэродинамических сил сопротивления вращению лопастей, а циклическими изменениями углов установки лопастей — интенсивность циклических изменений окружных составляющих реактивных сил как их проекций на окружную плоскость вращения лопастей 48 РВВ, что в совокупности рабочих процессов в двигателе способствует увеличению вертикальной подъемной силы T . В результате циклических изменений главных векторов окружных составляющих внешних аэродинамических и реактивных сил как по величине, так и по направлению действия на каждую лопасть 48 РВВ, а также благодаря техническому решению раздельного крепления лопастей на вращающемся корпусе 6 компрессора посредством разгруженных в осевом направлении подшипников 46, продольные оси которых расположены под углами к меридиональной плоскости сечения двигателя и к окружной плоскости вращения его РВВ, т.е. не совпадают с центрами масс лопастей и точками приложения к ним результирующих векторов всех

внешних и внутренних сил, лопасти 48 в окружной плоскости вращаются с циклически переменными угловыми скоростями и со знакопеременными ускорениями, а в меридиональной плоскости совершают циклические маховые движения. Первое из обстоятельств в виде окружных знакопеременных инерционных сил и моментов, возникающих в результате неравномерного вращения лопастей, используется для преодоления усилий при циклических изменениях углов установки лопастей и в отклонениях регулирующих створок 85 сопловых аппаратов 92 лопастей 48, а второе обеспечивает минимальную фактическую амплитуду циклических изменений углов установки лопастей 48. При этом соблюдается среднециклическое значение баланса мощности, развиваемой сопловыми аппаратами 92 и расходуемой на преодоление окружного сопротивления вращению лопастей 48 со стороны окружающего их воздуха, т.е. на создание осевой силы тяги P и вертикальной подъемной силы T , а также на вращение корпуса 6, рабочего колеса 9 компрессора, на преодоление потерь в мультипликаторе 16 и в других конструктивно-функциональных связях двигателя. Таким образом предлагаемый двигатель создает суммарный вектор силы тяги $\vec{P} = \vec{P} + \vec{T}$, направление которого совпадает с вертикальной плоскостью, но образует с окружной плоскостью вращения РВВ угол, величина которого зависит от соотношения величин векторов \vec{P} и \vec{T} . С целью совмещения направления суммарного вектора \vec{P} с вертикальной осью, а также для создания дополнительного импульса вертикальной подъемной силы в режиме работы двигателя "вертикальный взлет" используются штатные средства механизации крыла СВВП, в качестве которых применяются многоцелевые выдвижные и многосекционные отклоняемые закрылки. Причем многосекционные отклоняемые закрылки выполнены в виде функционально совмещенных аэродинамических рулей высоты и элеронов-элевонов, управляемых из кабины пилотов наклоном и поворотом штурвала. Дополнительный импульс вертикальной подъемной силы создается за счет обдувки неподвижной части крыла СВВП и средств его механизации отбрасываемым РВВ суммарным потоком воздуха и рабочего тела из сопловых аппаратов 92 лопастей 48. При этом трансформация осевой силы тяги P в дополнительную подъемную силу из-за предотвращения индуцируемого лопастями ВМП вращения потока отбрасываемого ими воздуха, достигаемого перед плоскостью

вращения РВВ отбором части потока воздуха эжекторными устройствами 91 сопловых аппаратов 92 лопастей 48, а за плоскостью вращения РВВ за счет раскрутки отбрасываемого воздуха потоками рабочего тела, вытекающими из эжекторных устройств сопловых аппаратов лопастей в сторону, противоположную направлению их вращения предлагаемым двигателем производится с большей эффективностью, чем у прототипа, снабженного РВВ. Точка приложения вертикальной ΔT_y и горизонтальной ΔT_x составляющих вектора дополнительной силы ΔT как равнодействующей вектора аэродинамических сил, приложенного к обдуваемой части крыла и средствам его механизации в режиме "вертикальный взлет", расположена за точкой D центра давления аэродинамических сил, действующих на все крыло с убранной механизацией в горизонтальном полете СВВП. Следовательно, центр массы $M_{\text{СВВП}}$ всего СВВП, выполненного по схеме с высокорасположенным крылом, находится ниже и между точками приложения векторов основной T и дополнительной ΔT подъемных сил, чем обеспечивается удовлетворительная динамическая устойчивость СВВП в режимах вертикального взлета, посадки и висения над заданной точкой, а также сохранение "центровки", т.е. взаимного расположения точек приложения внешних сил, действующих на СВВП на всех режимах его полета. Горизонтальная составляющая ΔT_x дополнительной аэродинамической силы ΔT приложена к обдуваемой части крыла и средствам его механизации в направлении, противоположном осевой силе тяги P , что существенно сближает направление суммарного вектора P с вертикальной осью. Полное совмещение направления вектора P с вертикальной осью производится наклоном фюзеляжа СВВП к горизонтальной плоскости на кабрирующий угол тангажа, величина которого не превышает угол тангажа на глиссаде горизонтального взлета СВВП с разбегом. Наклоны фюзеляжа СВВП производят управляющими отклонениями многосекционных створок средств механизации крыла, приводящих к изменениям вертикальных и горизонтальных составляющих дополнительных аэродинамических сил ΔT , создающих продольные и поперечные моменты относительно центра массы $M_{\text{СВВП}}$. По достижении суммарным вектором $\vec{P} \Sigma = z \cdot \vec{P}$, где z – число предлагаемых двигателей СВВП, величины, превышающей силу веса СВВП, происходит его вертикальный взлет и набор высоты, необходимой для начала горизонтального разгона. Последова-

тельность перехода СВВП с предлагаемыми двигателями из режима вертикального взлета в режим горизонтального полета заключается в переводе фюзеляжа СВВП в строго горизонтальное положение, достигаемое управляющими отклонениями многосекционных створок средств механизации крыла. По достижении СВВП скорости устойчивой управляемости аэродинамическими рулями высоты, направления и элеронами многощелевые и многосекционные створки закрылков убираются в исходное положение, что способствует дальнейшему росту скорости горизонтального полета СВВП с сохранением величин сил P и T , создаваемых двигателями. И, наконец, по достижении скорости горизонтального полета, достаточной для создания крыльями СВВП аэродинамической подъемной силы, изменениями давления в рабочих полостях силовых гидроцилиндров 96 второй группы уменьшается плоскопараллельное, а гидроцилиндрами 95 – наклонное смещение втулки 93 автомата управления лопастями РВВ, возвращая последнюю в соосное с двигателем положение, с одновременным увеличением строго осевого перемещения втулки 93. Такой последовательностью управляющих воздействий на двигатель производится плавное снижение интенсивности циклических изменений величин окружающих составляющих внешних реактивных, аэродинамических сил и их геометрических сумм или главных векторов до циклически неизменных, но больших, чем в стартовом режиме работы двигателя величин, достигаемых шаговым, равновеликим для всех лопастей 48 РВВ увеличением углов их установки и расхода топлива через форсунки 26, что приводит к уменьшению до нулевой величины вертикальной подъемной силы T и к увеличению осевой силы тяги P . Дальнейшее увеличение скорости горизонтального полета СВВП до большой дозвуковой скорости, соответствующей числу $M = 0,85-0,95$, производится дополнительным осевым перемещением втулки 93 силовыми гидроцилиндрами 95 и дополнительной подачей топлива в двигатель. При этом углы установки лопастей РВВ увеличиваются до флюгерных, чему с ростом величин создаваемых сопловыми аппаратами 92 реактивных сил соответствует уменьшение их окружных и увеличение осевых составляющих. Тогда осевая форсируемая сила тяги P_f создается только сопловыми аппаратами 92 лопастей 48 РВВ, и предлагаемый УВиРД трансформируется в реактивный двигатель со звездобразными в плане сопловыми аппаратами 92 щелевого типа, снабженными эжекторными устройствами 91 увеличения создаваемой ими осе-

вой силы тяги P_{ϕ} , а вращающиеся от набегающего потока воздуха лопасти 48 РВВ работают в режиме авторотации, продолжая с прежней угловой скоростью вращать корпус 6, а через мультипликатор 16 рабочее колесо 9 компрессора и вспомогательные агрегаты 63 двигателя. Переход двигателя с режима создания форсируемой осевой силы тяги P_{ϕ} в горизонтальном полете в режим вертикальной посадки, а затем и остановка двигателя происходят в порядке, обратном переходу двигателя с режима "запуск двигателя" в режим "вертикальный взлет" и горизонтальный полет.

Таким образом, технический эффект, который может быть получен при использовании заявляемого УВиРД, заключается в высокой универсальности и всережимности создаваемых им осевой, вертикальной и суммарных сил тяги без изменения положения в пространстве самого двигателя или каких-либо элементов его конструкции, позволяющих значительно расширить его функциональные и эксплуатационные

Формула изобретения

1. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ВИНТОВОЙ РЕАКТИВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, содержащий силовой корпус, компрессор, имеющий корпус, установленное на опоре рабочее колесо с передним осевым лопаточным направляющим аппаратом и подшипникам, редуктор, кинематически связанный с опорой компрессора и имеющий зубчатые колеса и подшипники, полые лопасти винта, закрепленные на корпусе компрессора в шарнирных узлах с одной степенью свободы, установленные в их полостях камеры сгорания, подключенные к сопловым аппаратам щелевого типа, размещенным в задних кромках лопастей, подшипники лопастей винта, отличающийся тем, что, с целью расширения функциональных и эксплуатационных возможностей, упрощения конструкции и повышения эффективного КПД двигателя при установке его на самолете вертикального взлета и посадки, имеющем систему управления пограничным слоем лопастей винта, двигатель снабжен консольной опорой, жестко связанной с силовым корпусом, сопловые аппараты лопастей винта выполнены регулируемые и снабжены эжекторными устройствами, подключенными к системе управления пограничным слоем лопастей, корпус компрессора установлен на консольной опоре с возможностью вращения относительно нее, редуктор выполнен в виде планетар-

возможности; в высоких значениях относительного КПД при создании им вертикальной и эффективного КПД при создании осевой сил тяги на всех режимах работы: от вертикального взлета и посадки до горизонтального полета с большими дозвуковыми скоростями; в относительной простоте и доступности конструкции при изготовлении и эксплуатации, а также удовлетворительной управляемости на всех режимах полета ВССП с двумя и большим числом установленных на нем предлагаемых двигателей.

(56) 1. Пейн П.Р. Динамика и аэродинамика вертолета. М.: Оборонгиз, 1963. с.135.

2. Скубачевский Г.С. Авиационные газотурбинные двигатели. М.: Машиностроение, 1975, с.11, рис.1.07.

3. Масленников М.М., Шальман Ю.И. Авиационные газотурбинные двигатели. М.: Машиностроение, 1975, с.488, 489, рис.16.7.

4. Патент США № 3120274, кл. 416-21, опублик. 1964.

ного мультипликатора и установлен с возможностью соединения корпуса компрессора с рабочим колесом.

2. Двигатель по п.1, отличающийся тем, что корпус компрессора снабжен задним кольцевым центростремительным входным направляющим аппаратом, лопатки которого и лопатки переднего осевого направляющего аппарата снабжены системой противообледенительного обогрева их входных кромок, а рабочее колесо компрессора выполнено центробежного типа.

3. Двигатель по пп.1 и 2, отличающийся тем, что он снабжен вращающимся распылителем топлива, имеющим форсунку, рабочее колесо компрессора выполнено составным из двух несимметричных в меридиальном сечении половин, соединенных между собой по конической поверхности, образующая которой имеет противоточный наклон к оси вращения колеса и вдоль которой выполнены проточные каналы, в которых установлены форсунки распылителя топлива, внутри рабочего колеса выполнена кольцевая полость, а планетарный мультипликатор и распылитель топлива размещены в последней.

4. Двигатель по п.1, отличающийся тем, что в шарнирных узлах крепления лопастей выполнены центральные полости для протока топливовоздушной смеси к камерам сгорания и рабочие полости осевой

разгрузки подшипников крепления лопастей, причем оси шарнирных узлов расположены под углом к меридиальной плоскости сечения двигателя и к окружной плоскости вращения винтов.

5. Двигатель по пп. 1 и 4, отличающийся тем, что компрессор снабжен лопаточным диффузором, в передних лопатках которого выполнены щелевые заборники части сжатого потока топливовоздушной смеси, соединенные с рабочими полостями осевой разгрузки подшипников крепления лопастей корпуса и рабочего колеса компрессора, с системой противообледенительного обогрева входных кромок лопаток направляющих аппаратов, с зубчатыми колесами и подшипниками мультипликатора для их охлаждения и смазки.

6. Двигатель по п. 4, отличающийся тем, что центральные оси полостей лопастей винтов и передние кромки лопастей вы-

полнены саблевидной формы с увеличивающимся в направлении от оси вращения лопастей углом саблевидности, определяемым по формуле

$$\chi = \arctg[\operatorname{ctg} \alpha_{44}(1 - \frac{r_{p.c}}{r_2} \frac{\operatorname{tg} \alpha_4}{\operatorname{tg} \alpha_2})],$$

где α_4 - угол входа потоков топливовоздушной смеси в полости саблевидных лопастей с абсолютной скоростью;

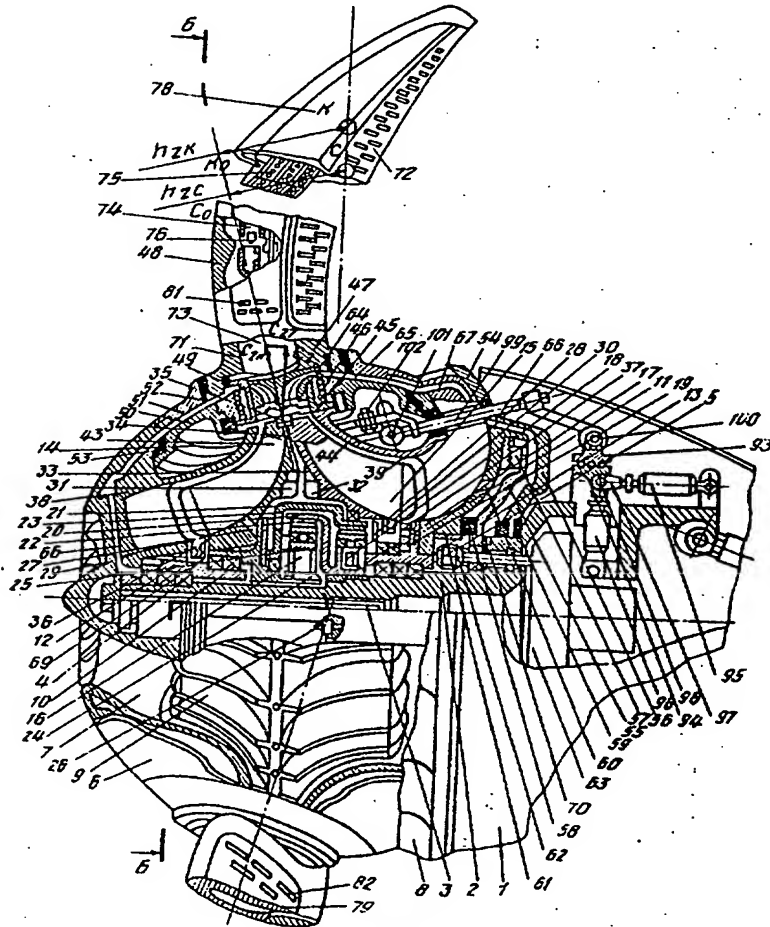
α_{44} - проекция угла α_4 на окружную плоскость вращения винта;

α_2 - угол выхода потока сжатого воздуха из рабочего колеса компрессора с абсолютной скоростью;

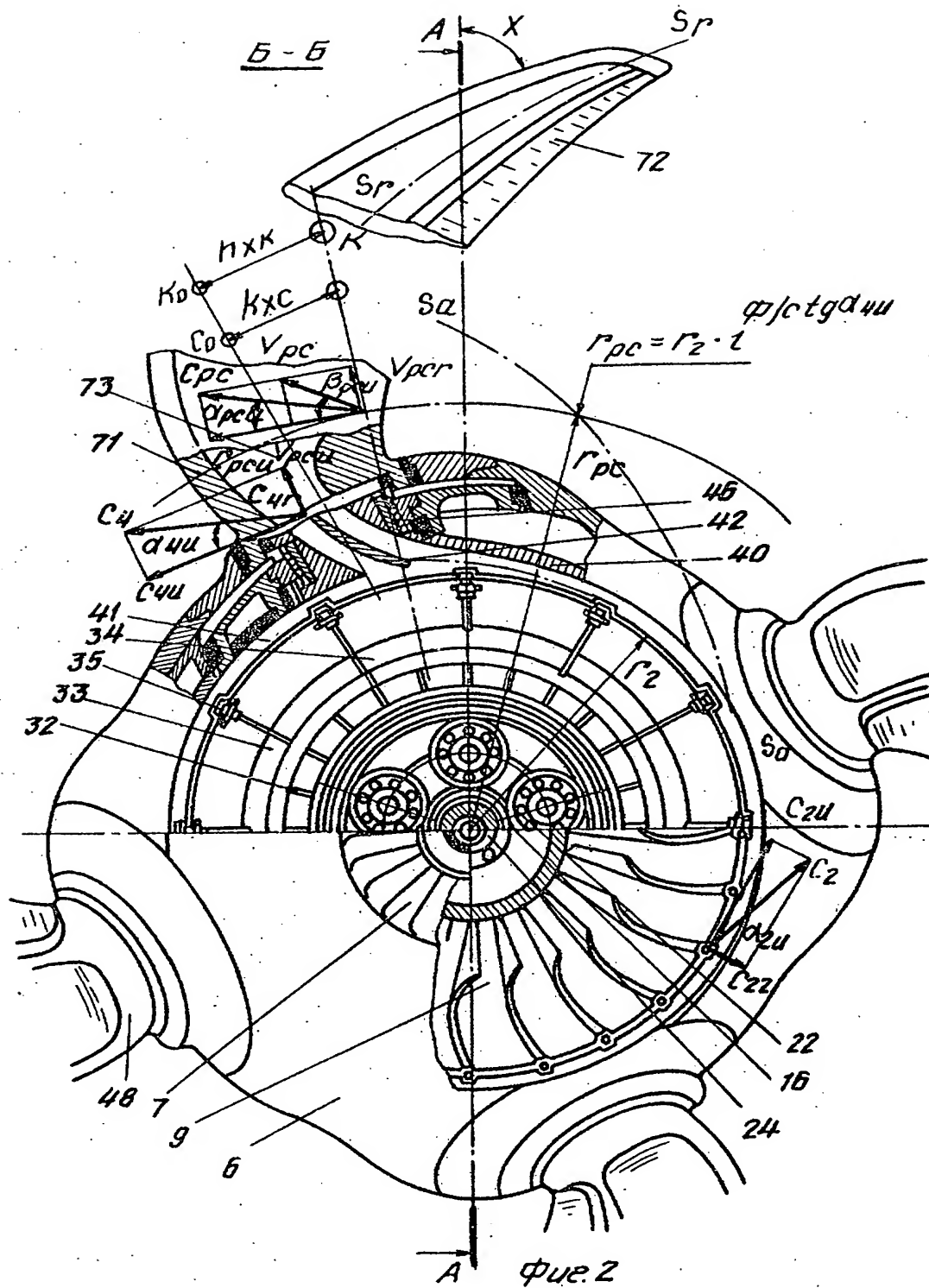
J - передаточное число планетарного мультипликатора;

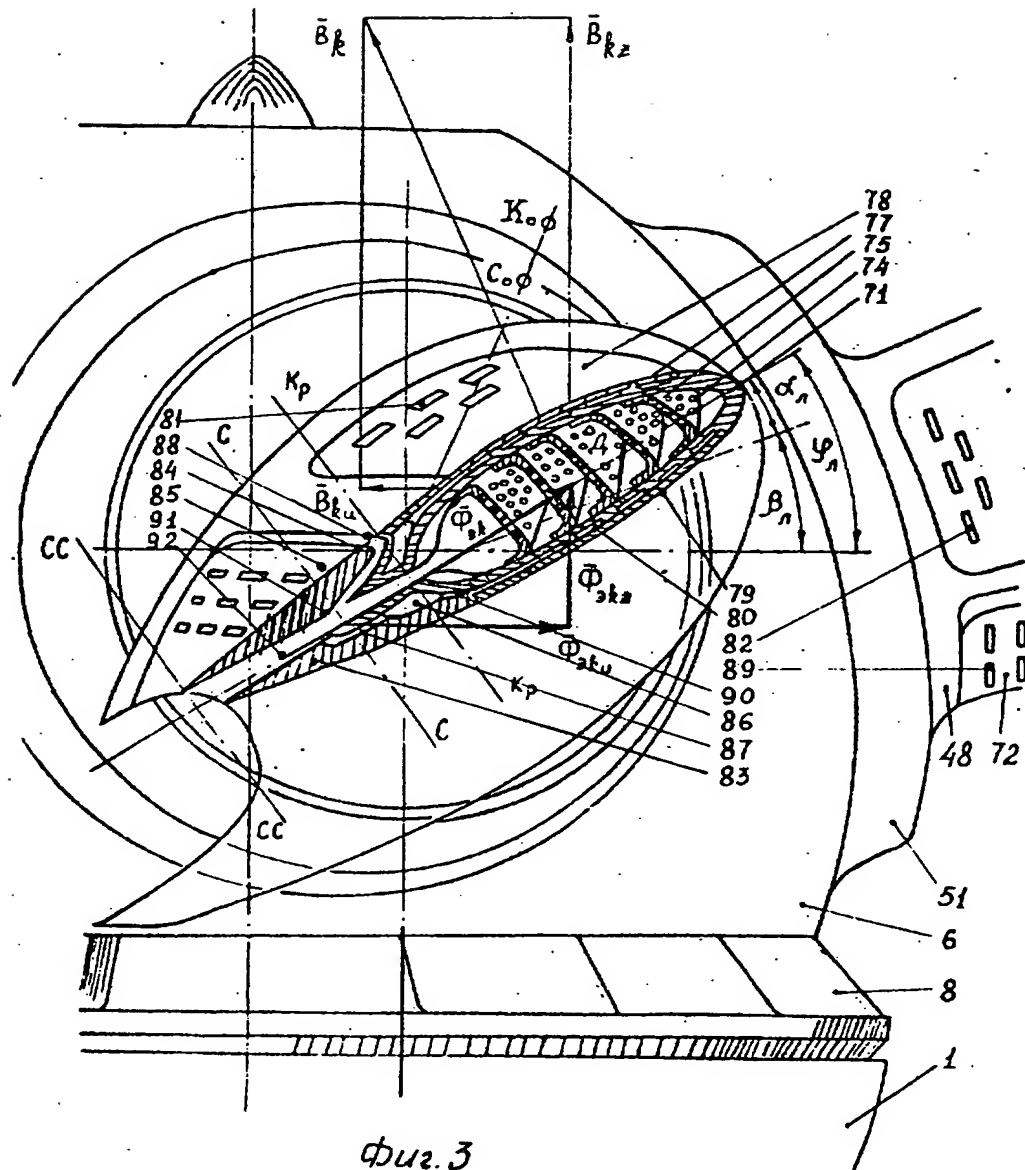
$r_{p.c}$ - радиус расчетных сечений лопастей;

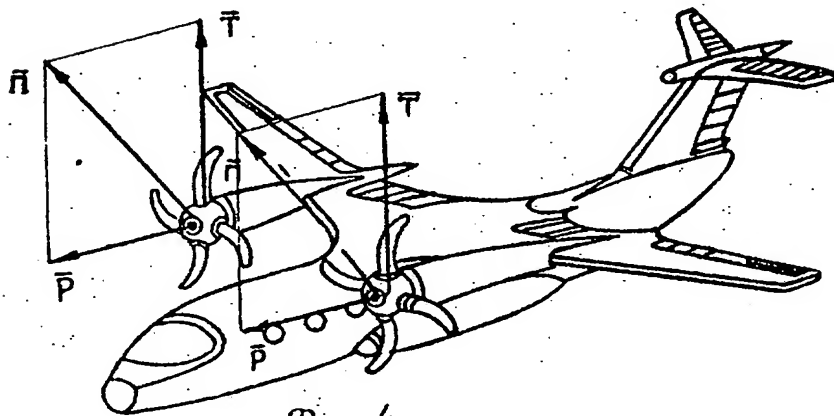
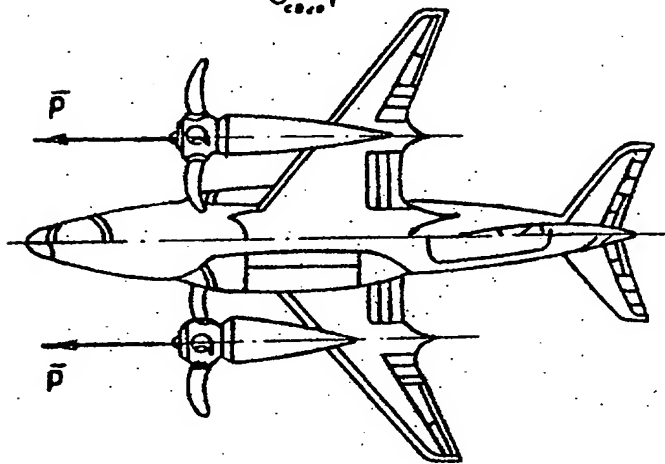
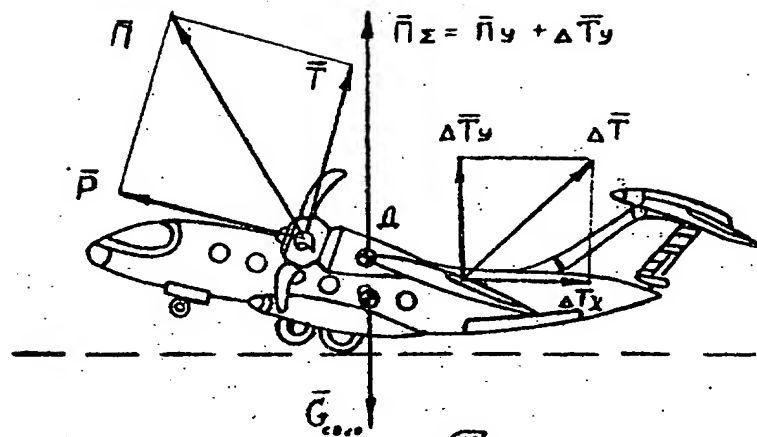
r_2 - радиус рабочего колеса компрессора.



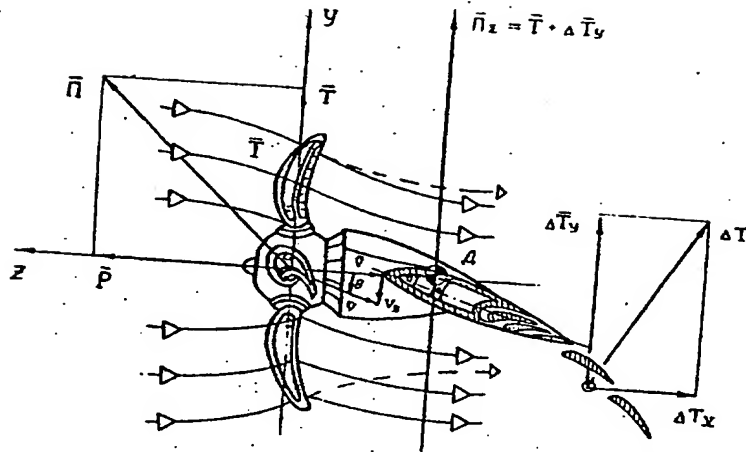
фиг. 1



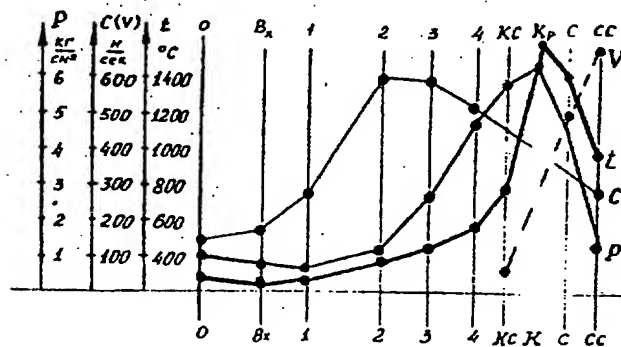
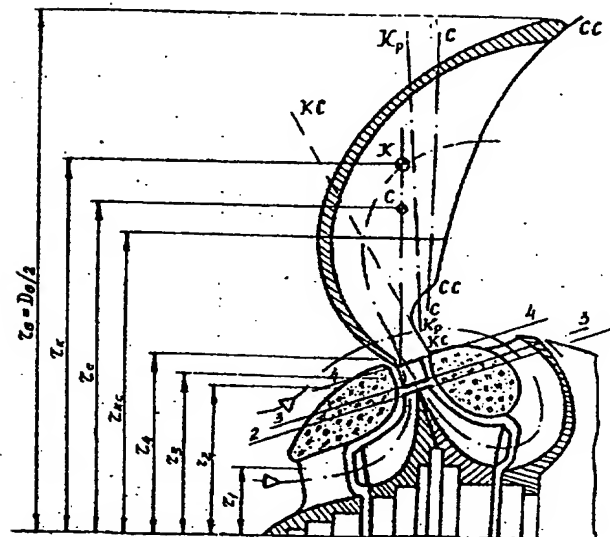




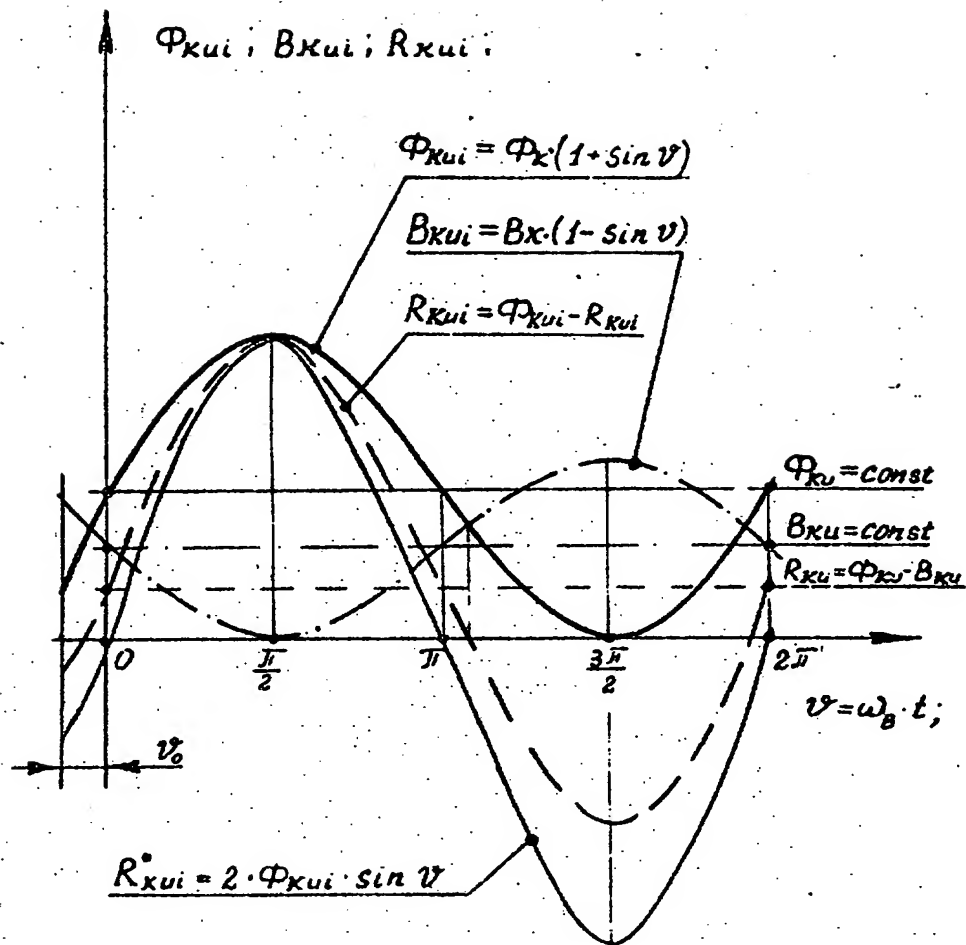
Фиг. 4



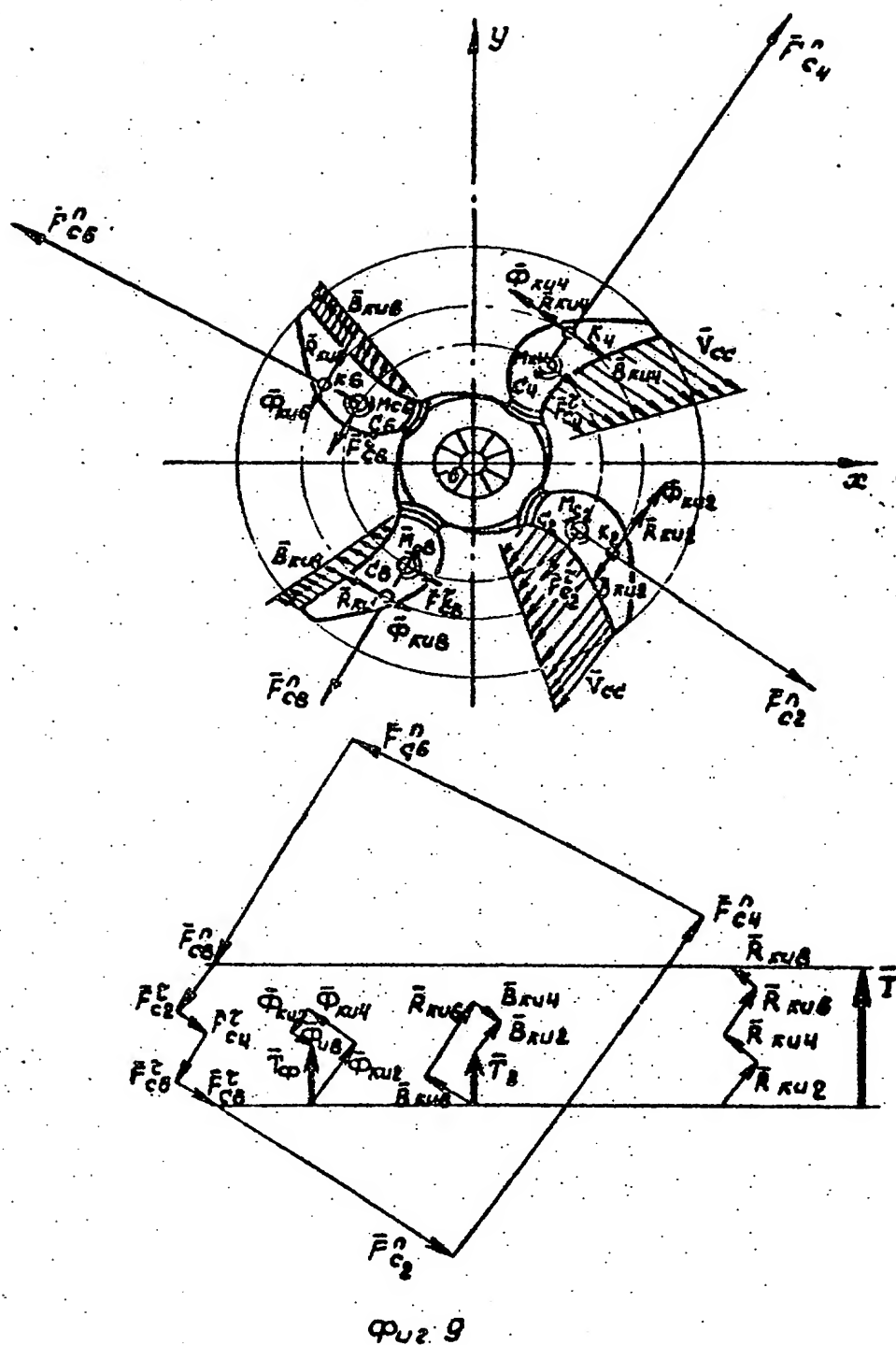
Фиг. 5

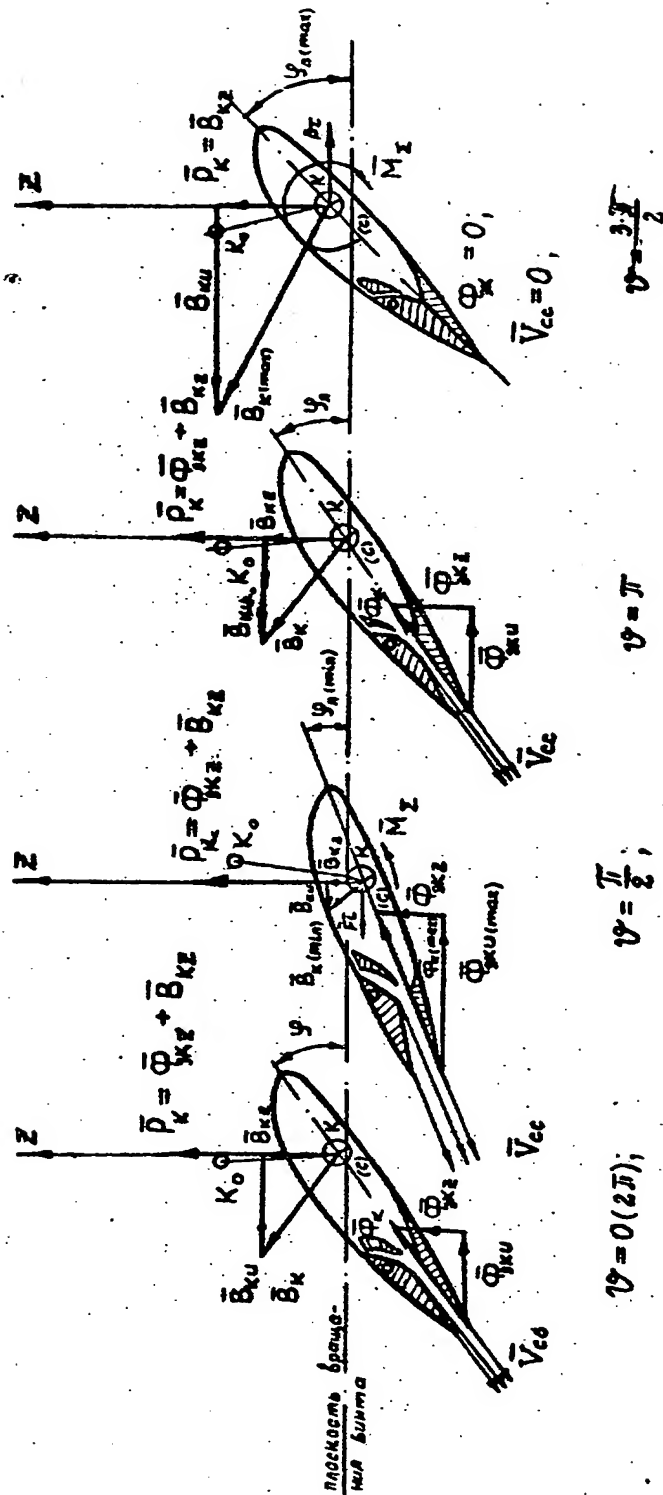


Фиг. 6



Фиг. 7





Редактор Т.Юрчикова

Составитель В.Спивак
Техред М.Моргентал

Корректор, О.Густи

Заказ 3163

Тираж

Подписное

НПО "Поиск" Роспатента
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101